

**TARTU ÜLIKOOL  
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT  
ZOOLOOGIA OSAKOND  
ENTOMOLOOGIA ÕPPETOOL**

**Artur Reila**

***HERMETIA ILLUCENS* (L.) (*DIPTERA, STRATIOMYIDAE*) BIOLOOGIA JA  
RAKENDUSLIK POTENTSIAAL**

Bakalaureusetöö  
Bioloogia  
12 EAP

Juhendaja: MSc Sille Holm

**TARTU 2018**



# Infoleht

## ***Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae) bioloogia ja rakenduslik potentsiaali**

Globaalne rahvaarvu kasv on tõstatanud vajaduse uute toidu- ja söödaallikate suhtes. Putukate kõrge proteiini ja rasvade sisalduse tõttu on esile tõusnud nende rakendamine loomasöödaks või söödalisandiks. Alates 1. jaanuarist 2018, on Euroopa Liidus lubatud teatud putukaliikide rakendamine farmiloomade (v.a mäletsejate) söödaks. Üheks lubatud liikidest on *Hermetia illucens*, mille rakenduslik olulisus antud vallas tuleneb tema vastsete suurest kaalukasvust ning suurest toiteväärtusest.

B250 Entomoloogia, taimede parasitoloogia

Märksõnad: *Hermetia illucens*, putukate kasvatamine söödaks, putukate rakendus, söödalisand

## ***Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae) biology and utilization potential**

Global population growth has raised the need for new food and feed sources. Because of the high levels of protein and fat in insects, their use has been increased to animal feed or feed additives. From 1 January 2018, the use of certain insects in the European Union for the feeding of farm animals (other than ruminants) is permitted in the European Union. One of the permitted species is *Hermetia illucens*, its practical significance in this field is due to the large weight gain and high nutritional value of its larvae.

Keywords: *Hermetia illucens*, insect rearing for feed, utilization of insects, feed supplement.

B250 Entomology, plant parasitology





# Sisukord

1. Sissejuhatus.....	6
2. Ülevaade <i>H. illucensi</i> bioloogiast.....	7
2.1. Üldiseloomustus ja taksonoomia.....	7
2.2. Elutsükkel.....	7
2.3. Leviala.....	9
3. <i>H. illucensi</i> kasvatamine tehistingimustes .....	12
3.1. Üldised nõudlused.....	12
3.2. Arengustaadiumitele eriomased nõudlused.....	12
3.2.1. Vastsed.....	12
3.2.2. Valmik.....	13
3.2. Munad ja nukk.....	15
3.3. Vastuolud ja puudujäägid kirjanduses.....	16
3.3.1. Valmikute toitumine.....	16
3.3.2. Paaritumine.....	17
4. <i>H.illucensi</i> rakendused.....	19
4.1.1.Kasutus loomasöödas.....	20
4.2. Jäätmemajandus ja alternatiivsed kasutused.....	20
Kokkuvõte.....	22
Summary.....	23
Täuavaldused.....	24
Kasutatud kirjandus.....	25
LISA 1: Vastsed ja nukud.....	30
LISA 2: Valmikud.....	31
LISA 3: Munad.....	32
LISA 4: Nukud nukkumissubstraadil.....	33

## 1. Sissejuhatus

Üha enam tähtsust koguv entomoloogia rakenduslik suund on seotud putukate kasvatamise ja kasvatamisega loomasöödaks. Selle olulisust suurendab globaalse rahvaarvu kasv, millega kaasnevad suurenenud keskkonnamõjud ja surve ressurssidele. Põllumajandus ja karjakasvatus hõlmavad enda alla suurimaid maa-alasid kui kunagi varem ning looduslike kalavarude kasutamine, globaalsel skaalal, on jätkusuutlikuse ületanud. Traditsioonilise kalanduse kõrval on hoogustumas vesiviljelus, mis tänapäeval toodab üle poole inimeste tarbeks püütavast kalast (FAO, 2016). Intensiivse loomakasvatuse ja vesiviljeluse tõttu nõudlus looma- ja kalasöödade järgi üha kasvab.

Kalade ja farmiloomade loomse sööda vajaduse saaksid osaliselt katta putukate baasil toodetud söödad või söödalisandid. Putukafarmid vajavad vähe ruumi ja putukatekasvatamine on madala keskkonnakoormusega. Lisaks saab mitmete liikide puhul nende söödana kasutada bioloogilisi jäätmeid ning seeläbi materjali väärindada. *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) on antud vallas suure rakendusliku potentsiaaliga, tulenevalt tema vähenõudlikkusest toidu suhtes ning suurest kaalukasvu potentsiaalist.

Käesoleva töö eesmärgiks on anda ülevaade *H. illucensi* bioloogiast, rakendusest ja teaduskirjandusest ning analüüsida hetketeadmisi. Autor näeb antud tööd sobiliku juhendina *H. illucensi* kasvatamisel, teaduslike uuringute planeerimisel ja teostamisel ning majanduslikul rakendamisel.

Töö eesmärgid on valitud lähtuvalt liiki hõlmavate üldiste teadmisete killustatusest eri allikate vahel ning samuti liigi olulisematest rakendustest. Autor näeb oluliste rakendustena edasisi teaduslikke uuringuid ja liigi kasvatamist majanduslikul eesmärgil.

## 2. Ülevaade *H. illucensi* bioloogias

### 2.1 Üldisloomustus ja taksonoomia

Liigil puudub eestikeelne teaduslik nimi; nõnda on antud töös kasutatud liigi ladinakeelset nime – *Hermetia illucens*. *H. illucens* kuulub klassi putukad (*Insecta*) seltsi kahetiivalised (*Diptera*). On alamseltsi kärbselised (*Branchycera*) sugukonnast ogakärbeslased (*Stratomyidae*), alamsugukond *Hermetiinae*, mille lähimaks sõsarrühmaks peetakse molekulaarsete määrangute alusel alamsugukonda *Chyrsocholorininae* (Brammer & Dohlen, 2007).

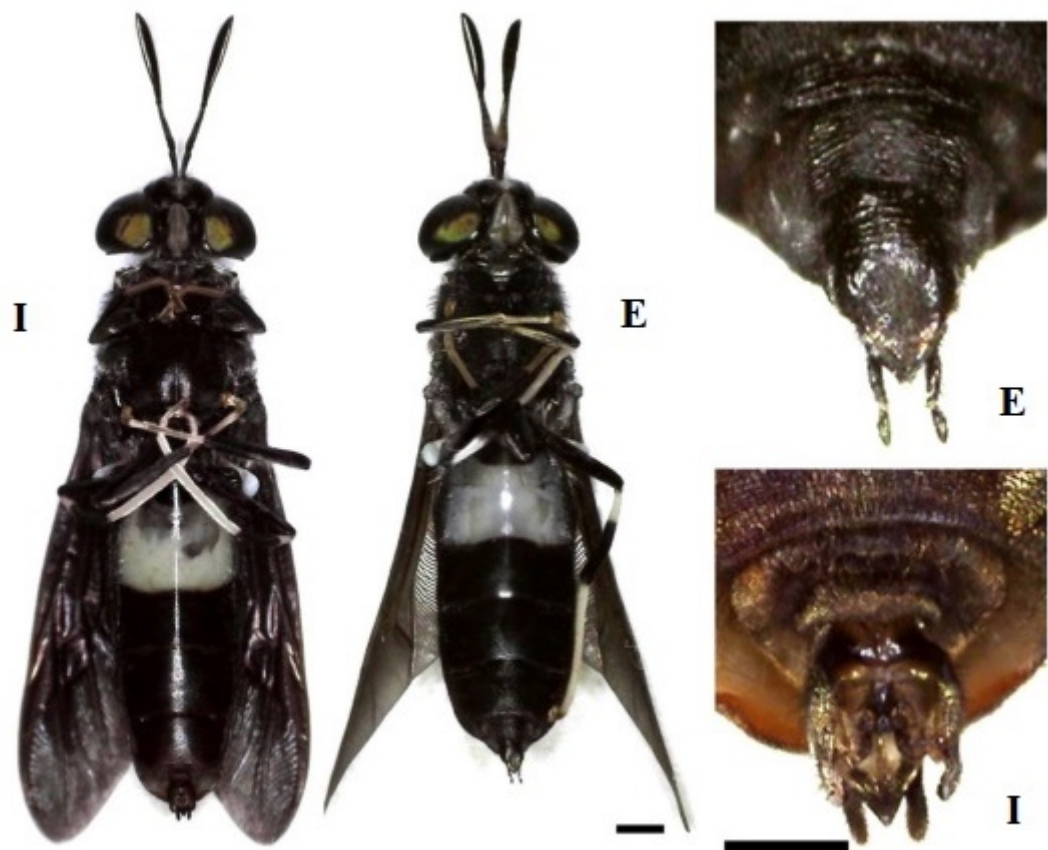
*H. illucens* on 1 – 2,5 cm pikkune värvuselt must kärbes, mis kujult on herilaselaadse väljanägemisega (Huis & Tomberlin, 2017). Tema peaküljes asetsevad tundlad, mis on umbes kaks korda pikemad kui pea läbimõõt (Oliveira et al., 2016). Tundlad on oluliseks liikumist, heli, orientatsiooni, lõhna, niiskust ja keemilisi ühendeid tajuvaks organiks (Oliveira et al., 2016). Rindmik jaotub kolmeks segmendiks (Oliveira et al., 2016). Tagakehal asetsevad kaks liigile omast poolläbipaistvat ala (Huis & Tomberlin, 2017). *H. illucens* näol ei ole tegu hammustava putukaga (Oliveira et al., 2016), kuna valmikud omavad imikärssa (Oliveira et al., 2016).

### 2.2. Elutsükkel

*H. illucensil* esineb täismoondega areng. Arenguperioodi pikkus on varieeruv. Hinnangud liigi elutsükli pikkusele soodsates oludes, langevad vahemikku 40 – 60 päeva (Bondari & Sheppard, 1987; Axtell & Arends, 1990; Tomberlin et al., 2002). Ebasoodsad olud (toidupuudus ning jahedad temperatuurid) võivad tingida elutsükkli mitmekuulise pikenemise (Furman et al. 1959; Bondari & Sheppard, 1987). Samas ilmneb, et kuna isaste valmikute keskmine eluiga võib küündida kuni 73 päevani (Nakamura et al., 2016), on senised hinnangud valmikut elutsükli pikkusele ebatäpsed.

Eluea pikkust valmikustaadiumis mõjutavad oluliselt vee kättesaadavus (Tomberlin et al. 2002) ja toidu kättesaadavus (Nakamura et al., 2016). Samuti mõjutab eluea pikkust valmiku sugu

(Tomberlin et al. 2002, Tomberlin et al. 2009; Nakamura et al., 2016). Isaste keskmine eluiga on reeglina pikem kui emaste oma (Tomberlin et al. 2009), kohati märgatavalt pikem (25 päeva) (Nakamura et al., 2016). Erinevate autorite tulemustes esineb varieerumist. Kasutades näitena andmeid isastevalmikute kohta on nende keskmine eluiga ilma veeta 6,6 (Tomberlin et al. 2002) või 9,1 päeva (Nakamura et al., 2016). Eluiga pikeneb vee kättesaadavusega 9,5 (Tomberlin et al. 2002) või 21,5 päevani (Nakamura et al., 2016). Suhkruga söötmine võib tõsta valmikute keskmise eluea koguni 73 päevani (Nakamura et al., 2016). Valmikute eluea pikkuse varieerumisele eri autorite lõikes on tüüpilise põhjenduseks toodud kolooniate kasvatamise tingimuste varieerumist (Oonincx et al., 2016)



JoonHis 1. Isane (I) ja emane (E) . *illucens* ja suurendused nende genitaalidest. Skaala 1 mm. Oonincx et al. (2016)

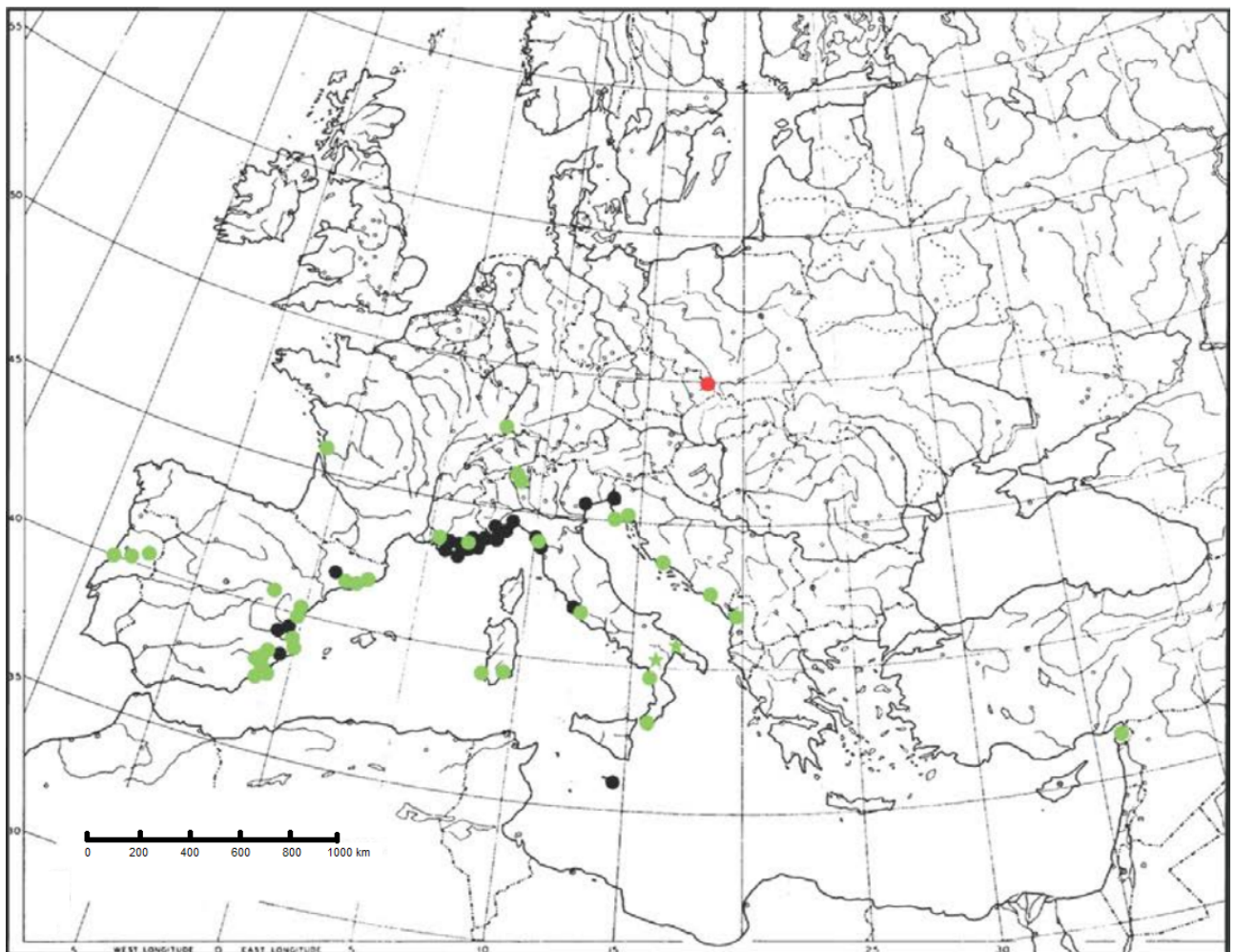
Paaritumise ja munemise ajastuse kohta käivates andmetes esineb mõningaid ebakõlasid. Valmikute puhul ei esine munemist enne neljandat koorumisjärgset päeva (Tomberlin et al., 2002; Zhang et al. 2010; Nakamura et al., 2016), kuid edasise ajastuse andmed ei ühti. Tomberlin & Sheppard (2002) andmetel leiab munemine suuremal määral (72%) aset neljandal päeval pärast nukust koorumist. Nakamura et al. (2016) leidis samas, et keskmine munemine oli suurim kuuendal päeval päikesevalguse tingimustes ning seitsmendal päeval tehisvalgustuse tingimustes. Oonincx et al. (2016) andmetes (Tabel 1) väljendub, et munemine leiab tüüpiliselt aset alles 10. päeval või hilisemalt. Varieerumine on põhjendatud valgusallikate mõjuga. Valgusallikad mõjutavad munemise ajastust (Oonincx et al., 2016).

Vastse- ja nukustaadium on optimumilähedastes oludes (27 °C, suhteline õhuniiskus 70%) sarnase ajalise pikkusega. Vastestaadiumi kogupikkus võib optimaalsetes tingimustes piirduda 2 nädalaga, kuid toidupuudusest tulenevalt võib see pikeneda kuni 4 kuu võrra (Furman et al, 1959). Vastsed kestavad 6 korda, sellest tulenevalt jaotub vastse staadium 6 järguks (Kim et al. 2010), kuid jaotuste osas ei valitse konsensust (Kim et al. 2010). Arengujärgkude eristamisel on olulised tunnused vaklade peakapsli laius (Oliveria et al., 2016) ja samuti kaal (Kim et al. 2010). Tumenenud kesta alusel on vastse viimane järk hõlpsasti eristatav (Tomberlin et al., 2009; Zhang et al., 2010), seda järku kutsutakse eelnukuks (Bondari & Sheppard, 1987). Nukustaadiumi pikkus on samuti ligikaudu kaks nädalat (Furman et al, 1959; Tomberlin et al., 2002). Harvadel juhtudel võib nukkumine kesta koguni 2 – 5 kuud (Furman et al, 1959).

## 2.3 Leviala

*H. illucens* on Uue Maaailma põlisliik ning pärineb selle troopilistelt või lähistroopilistelt aladelt (Roháček & Hora, 2013). Asuala laienemine on leidnud aset inimese kaasabil (Stone et al., 1965). Tänapäevane liigi levik on ülemaailmne; troopikast kuni soojade parasvöötmeteliste aladeni

(Tomberlin & Sheppard, 2002). Euroopas sai *H. illucens* laialdasem levik alguse pärast Teist maailmasõda, Vahemere äärsedel aladel (Roháček & Hora, 2013). Tänapäevane levik Euroopas jääb alla 50° põhjalaiust ning kõige põhjapoolsem leid Euroopas on tehtud Tšehhi Vabariigis (Roháček & Hora, 2013). Euroopa põhjapoolsem püsipopulatsioon arvatakse paiknevat Lõuna-Saksamaal (Roháček & Hora, 2013). Liigi leviku oluliseks piirajaks on külm temperatuur (Sprangers et al., 2017).



**Joonis 2.** *H. illucens* leiud Euroopas. Tähistused: 1983 või varasem – must, 1983 – 2013 roheline, kõige põhjapoolsem leid Euroopas 2013 – punane. Roháček & Hora, (2013), kasutades Rozkošný, (1938) andmeid.

Hetkel ei arvata, et liik oleks püsivalt võimeline asustama külmemaid parasvöötmelisi alasid (Spranghers et al., 2017). Liigil ei ole teada diapausi ehk puhkeseisundi esinemisest, kuid selle esinemine võiks liigi külmataluvuse hinnanguid mõjutada (Spranghers et al., 2017). Autori hinnangul, võiks eelnevalt käsitlemist leidnud Furman et al, (1959) väide 2 – 5 kuu pikkusest nukkumise perioodist viidata võimalikule diapausi esinemisele *H. illuceni* puhul. Troopilistel putukatel võib diapausi tingida temperatuuri muutus, niiskus ja populatsioonitihedus ja toidu kättesaadavus (Delinger, 1986). Lisaks on *H. illucensi* eelnukkudel instinktiivne vajadus lahkuda vastsesöötelt, otsida nukkumiseks kuiva nukkumiskohta (Furman et al., 1959; Bonderi & Sheppard, 1987; Holmes et al., 2013). Furman et al. (1959) katses leidis aset nukkumine otse vastsesöötmele, mille tõttu võis tegu olla niiskuses tingitud diapausi esinemisga.



### **3. *H. illucensi* kasvatamine tehistingimustes**

#### **3.1 Üldised nõudlused**

*H. illucensi* temperatuurinõudlus on igas arengustaadiumis sarnane. Kirjanduses (Liu et al., 2008; Tomberlin et al., 2009; Zhang et al., 2010; Diener et al., 2015) leiab kasvatamisel kasutamist temperatuur 27 °C, ning sellele ligilähedased ( $\pm 1$  °C) temperatuurid. Antud temperatuuri olulisus tuleneb valmikute munemissageduse suurenemisest temperatuuridel üle 26 °C (Tomberlin & Sheppard, 2002). Temperatuur mõjutab samuti vastsete arenguperioodi pikkust, kaalukasvu ja valmiku s eluea pikkust (Tomberlin et al., 2009). Temperatuuril 27 °C on arengu kestvus ajaliselt pikem ( $\approx 4$  p) kui temperatuuril 30 °C, kuid tagab vastsete suurema kaalukasvu ( $\approx 5\%$ ) ja valmikuikka jõudes pikema keskmise eluea ( $\approx 10\%$ ) (Tomberlin et al., 2009).

*H. illucensi* kõigis elustaadiumites on eelistatud kõrgemad suhtelised õhuniiskused (Tomberlin & Sheppard, 2002; Liu et al., 2008; Zhang et al., 2010; Diener et al., 2015). Kasvatuskatsetes leiavad kasutust õhuniiskused vahemikus 60 – 70% (Tomberlin & Sheppard, 2002; Liu et al., 2008; Zhang et al., 2010; Diener et al., 2015). Kõrgemad suhtelised õhuniiskused suurendavad valmikute munemissagedust (Tomberlin & Sheppard, 2002). Munade puhul on kõrgemal õhuniiskusel arengut kiirendav ning koorumisedukust suurendav mõju (Holmes et al., 2012) ning kõrgem õhuniiskust tõstab nukkumisedukust (Holmes et al., 2012).

#### **3.2 Arengustaadiumite eriomased nõudlused**

##### **3.2.1 Vastsed**

Vastsetele (LISA 1) on sobilikud erinevad kasvusubstraadid, kuid kasvusubstraat mõjutab vastsete kaalukasvu ja arengut (Furman et al., 1959; Bondari & Sheppard, 1987; Tomberlin et al., 2002; Diener et al., 2009; Nguyen et al., 2015). Vastsete sööda tarbimise kiirus ja kogus varieeruvad söötade lõikes (Nguyen et al. 2015). Optimaalse kaalukasvu tagav söödakogus on hinnanguliselt



100 mg sööta päevas vagla kohta, seda kontrollsöödal ehk kanasöödal kasvades (Diener et al., 2009). Lihal, kalal, teraviljal ja sõnnikul kasvades on vaklade kaalukasv ligilähedane, kuid toidujäägil on vaklade kaalukasv keskmisest suurem (Nguyen et al. 2015). Kuigi vastsed on võimelised soodsates tingimustes saavutama kaalu kuni 0,5 g (Huis & Tomberlin, 2017), siis autori hinnangul on nõnda suur kasv siiski pigem erandlik. Katsetes esinevad kaaluandmed (Myers et al., 2008: Tabel 2, Diener, 2009: Tabel 3, Diener et al. 2011; Ngyen et al., 2015: Joonis 1) jäävad ligi poole võrra väikemateks. Metsikute vaklade keskmine kaal on samuti ligi poole võrra väiksem – 0.22 g (Tomberlin et al., 2002).

Vastsesubstraadi niiskusel on oluline mõju vaklade arengule (Fatchurochim et al., 1988). Kanasõnnikul kasvades on *H. illucensi* vastsete arenguedukus sarnane on 40 – 60% substraadi niiskuse korral (Fatchurochim et al., 1988). Kõrgem sööda niiskus (70%) tagab kooruvate valmikute suurima keskmise kaalu (Fatchurochim et al., 1988), mille kaal on seoseline vaklade kaaluga (Diener et al., 2009). Katsetes leiavad vaklade puhul kasutust 60 ja 70% niiskussisaldusega söötmed (Tomberlin et al., 2002; Diener et al., 2009; Holmes et al., 2013). 70% niiskussisalduse korral, märkas Fatchurochim et al. (1988) vähenenud arenguedukust, kuid see võis autori hinnangul olla tingitud katseehitusest – tema katses leidis aset munade koorumine otse vastsesöötmel. Looduslikult toimub *H. illucensi* munade areng pigem kuivades (Booth & Sheppard, 1987) või poolniiskeetes tingimustes (Axtell & Arends, 1990). Seetõttunõnda on võimalik, et väiksem arenguedukus 70% niiskussisaldusega söötmel tulenes niiskuse mõjust munadele, mitte vastsetele.

### **3.2.2 Valmik**

Valgusel esineb oluline mõju *H. illucensi* paaritumiskäitumisele ja viljastumisedukusele – päikevalgus tagab kõrgeima paljunemisedukuse (Tomberlin & Sheppard, 2002; Zhang et al., 2010; Nakamura et al. 2016; Oonincx et al., 2016). Kunstlikud valgusallikad ei pruugi tagada valmikute (LISA 2) paljunemist (Sheppard & Tomberlin, 2002; Zhang et al., 2010). On näidatud, et 500 W halogeenlamp (Zhang et al., 2010) ning LED ja luminofoorlampidel põhinevad lahendused on suutelised tagama rahuldava paaritumisedukuse (Nakamura et al., 2016; Oonincx et al., 2016).

Olulisteks peetakse valguse lainepikkuse ja intensiivsuse mõju (Tomberlin & Sheppard, 2002; Zhang et al., 2010; Nakamura et al., 2016; Oonincx et al., 2016). Teema leiab põhjalikumat käsitlemine peatükis „Vastuolud ja puudujäägid kirjanduses”.

*H. illucensi* paaritumine saab alguse lennult (Tomberlin & Sheppard, 2001), mistõttu on valmikute paljunemiseks oluline piisav lennuruum (Tomberlin & Sheppard, 2002; Zhang et al. 2010). Kolooniat hoiustamine leiab tüüpiliselt aset 1 – 2 m<sup>3</sup> suuruses võrkriidest puuris (Sheppard et al., 2002; Tomberlin & Sheppard, 2002; Zhang et al. 2010; Holmes et al., 2012), kuid edukas paljunemine on võimalik ka kitsamates oludes (27 cm<sup>3</sup>) (Nakamura et al., 2016). Sugude suhte ja asustustiheduse mõju paaritumisedukusele ei ole täpselt teada (Huis & Tomberlin, 2017), kuid on spekulieritud suurema asustustiheduse positiivsest mõjust paaritumisele (Nakamura et al., 2016).

Valmikud munevad vastsesööda lähedale, kuivadesse kohtadesse. Kuigi *H. illucensi* valmik muneb ka niisketele pindadele, esineb neil eelistust kuiva munemissubstraati suhtes (Booth & Sheppard, 1987). Looduses muneb valmik munad vastsetele sobiliku materjali kuivematele osadele (Axtell & Arends, 1990) või selle lähedal asuvatesse pragudesse (Booth & Sheppard, 1987). Tehistingimustes muneb valmik meelsasti lainepapist munemissubstraadi ääristesse (Sheppard et al., 2002; Zhang et al., 2010). Munemise saavutamiseks paigutatakse munemissubstraat vastsetele sobiliku sööda kohale, ligikaudu 3 cm kõrgusele söödast (Booth & Sheppard, 1987; Sheppard et al., 2002; Zhang et al., 2010).

Substraat mõjutab *H. illucensi* munemiseelistusi (Booth & Sheppard, 1987). Munemiseks on valmikutele ligitõmbavateks substraatideks sõnnik ja kõdunev materjal, millest viimane on valmikute poolt eelistatum (Booth & Sheppard, 1987). Vaklade elutsemise substraadis ei oma mõju valmikute munemiseelistusele (Tomberlin & Sheppard, 2002). Autorile teadaolevalt, ei ole uuritud vastsesubstraadi niiskusesisalduse mõju *H. illucensi* munemiseelistustele. Võrdlusena saab välja tuua, et harilikul toakärbsel esineb märgatav munemiseelistus 70% niiskussisaldusega substraatide suhtes (Fatchurochim et al., 1988). Kuna looduses on *H. illucensi* ja hariliku toakärbse vaklade kasvusubstraadid sageli samad (Furman et al. 1959; Axtell & Edwards, 1970; Booth & Sheppard,

1987), siis võiks autori hinnangul eeldada *H. illucensi* puhul ligilähedaselt sarnase niiskustasemetega substraatide eelistamist.

Valmikute vee- ja toitumisvajadust puudutav teadmine on napp ja esineb vastukäivaid arusaamu. Teada on, et vee kättesaadavus tagab valmikutele pikema eluea (Tomberlin et al. 2002; Nakamura et al., 2016). Vett pakutakse ühest kuni kolme korrani päevast, mida valmik tarbib puuri niisutatud pindadelt (Sheppard et al., 2002; Tomberlin et al., 2009; Nakamura et al., 2016). Kirjeldatud on valmikute toitumist vees lahustatud suhkrust ja meest (Furman et al. 1959; Oonincx et al. 2016) ning tahkest suhkrust (Nakamura et al., 2016). Samas leiab laialdast kajastamist arusaam, et valmik ei toitu ning ei vaja toitu (Myers et al., 2008; Diener et al., 2009; Nguyen et al., 2015; Holmes et al., 2016; Huis & Tomberlin, 2017). Antud vastuolu leiab põhjalikumalt käsitlemist peatükis „Vastuolud ja puudujäägid kirjanduses”.

### **3.2.2 Munad ja nukk**

*H. illucensi* munadel (LISA 3) ja nukul (LISA 4) spetsiifilised nõudlused puuduvad. Munede areng tehistingimustel leiab aset plastikanumas või selle pinnal (Holmes et al., 2012; Nakamura et al., 2016; Huis & Tomberlin, 2017). Munade kaitsmiseks anum kaetakse millega paberkäterätiga (Huis & Tomberlin, 2017), vahel varustatakse söödaga kooruvate vastsete jaoks (Nakamura et al., 2016). Nuku arenguedukusel omab mõju nukkumissubstraat (Holmes et al., 2013). Nukkumiseks otsivad vaglad kuiva nukkumispaiaga (Bondari & Sheppard, 1987), kuigi teatud edukusega on *H. illucens* võimeline nukkuma ka otse vaklade söötmel (Furman et al., 1959). Substraatidena tagavad lillemuld, turvas, saepuru ja liiv sarnase nukkumisedukuse, mis on suurem kui pinnase puududes (Holmes et al., 2013: Tabel 1). Nukkumisubstraadina on kasutatud samuti kuiva kohvipuru (Nakamura et al., 2016).

### 3.3. Vastuolud ja puudujäägid kirjanduses

#### 3.3.1 Valmikute toitumine

Autorile teadaolevalt piirdub valmikute toitumise uurimine Furman et al. (1959), Nakamura et al. (2016) ja Oonincx et al. (2016) töödega. Kõige põhjalikult on teemat käsitlenud Nakamura et al. (2016). Oma katses võrdle ta suhkrut, vee ja nende puudumise mõju valmikute eluea pikkusele ning leidis, et valmikud, kellele pakuti tahket kujul suhkrut ning vett, elasid ligi 3 korda kauem (73 päeva) kui valmikud kellele pakuti ainult vett. Valmikute söötmist on käsitlenud ka Oonincx et al. (2016); tema pakkus valmikutele suhkruvett immutatud salvräti abil. Oonincx et al., (2016) katses elasid valmikud 16 – 21 päeva, mille pikkuse varieeruvust põhjendas ta toitumisest tulenevana. Furman et al. (1959) on andnud kirjelduse valmikute toitumisest vees lahustatud suhkrust ja meest, kuid tema töös see edasist põhjalikumalt käsitlemist ei leidnud.

Seisukoht *H. illucensi* toitumisvajaduse puudumisest on laialt levinud ning see on olnud pikalt domineerivaks teaduslikuks seisukohaks. Selle kohaselt on eeldatud, et vastse staadiumis kogutud suur rasvakeha tõttu ei esine *H. illucensi* valmikul toitumisvajadust (Nguyen et al., 2015; Holmes et al., 2016; Huis & Tomberlin, 2017). Autorile teadaolevalt ei esine sellel seisukohal katselist alust ning tegemist on vaatluse või katseehituse kirjeldusega, mis on Tomberlin & Sheppard (2002) poolt hüpoteesi seisusesse tõstatatud. Antud hüpotees on vastuolus valmikute välise morfoloogiaga, kuna nende imikärss võimaldab neil tarbida vedelat toitu ning süljega lahustada tahkeid toite (Oliveira et al., 2016). Lisaks on antud hüpotees vastuolus varasematest uuringutest (Furman et al., 1959) ja vaatlustest (Axtell & Arends, 1990) tuleneva teadmisega.

Laiemat arusaama valmikute toitumisvajaduse kohta on kujundanud refereeringud, mida autor ei pea algallikate tõetruuks esindamiseks. Arusaama valmikute toitumisest on kujundanud Sheppard et al. (2002) ja Tomberlin et al. (2002) tööd. Antud töödes leiab kirjeldust katseehitus, mis valmikutele toitumist ei võimaldanud ning milles valmikute elus püsimine ja reproduktsioon leidsid aset põhinedes vastseas kogutud rasvavarul. Kirjeldused eelnenud töödest leiavad refereeringuid Myers

et al. (2008); Diener et al. (2009) ja Tomberlin et al. (2009) töödes kujul, mis ei kaasa reproduktiivset konteksti, või ei väljenda, et tegu oleks hüpoteesiga. Nõnda on hetkel valitsevad arusaamad, autori hinnangul, moondunud.

Toitumisest tulenevat elueapikkust on eeldanud Ooninx et al. (2016), ning see on kinnitust leidnud Nakamura et al. (2016) töös. Lisaks on Nakamura et al. (2016) loonud hüpoteesi kärbsse võimalikust mitmest paaritumis ja munemiskorrast

### 3.3.2 Paaritumine

Kuigi valmikute paaritumise raskused tehistingimustes on leidnud väljendamist juba aastakümneid tagasi Furman et al. (1959) poolt, siis tehistingimustes on valmikute paljunemine jätkuvalt oluliseks murekohaks (Zhang et al., 2010; Nakamura et al., 2016; Oonicx et al., 2016; Huis & Tomberlin, 2017). Tehisvalgustuse tingimustes väheneb valmikute paaritumisedukus (Zhang et al., 2010; Nakamura et al., 2016).

Esimese uuringu valguse mõjust paaritumisedukusele, mis on autorile teadaolev, viis läbi Tomberlin & Sheppard (2002). Tomberlin & Sheppard (2002) ei suutnud saavutada tehisvalgustust kasutades edukat paljunemist. Eduka paljunemise suutis tagada Zhang et al. (2010), kasutades 500 W halogeenlampi. Kuigi antud töös oli tehisvalgustuse puhul paaritumisedukus vaid 39%. *H. illucensi* eduka paljunemise on saavutanud samuti Nakamura et al. (2016) ja Oonicx et al. (2016), kuid päikesevalgusega sarnase paljunemisedukuseni jõutud ei ole. Paaritumise korral tehisvalguse tingimustes on munade viljakus vaid 11,2% juhtudel, samas kui päikesevalguse tingimustes on 39,5% munetud munadest viljakad (Nakamura et al., 2016).

Üksmeel valitseb valguse lainepikkuse mõju osas valmikute paaritumisele. Sobilikud on lainepikkused vahemikus 400 – 700 nm (Zhang et al. 2010; Nakamura et al., 2016). Samas valguse intensiivsuse mõju osas leidub vastakaid andmeid. Tomberlin & Sheppard (2002) andmete kohaselt soodustab valmikute paaritumist valguse intensiivsus 200  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$  või enam. Zhang et al. (2010)

andmed vastanduvad, leides, et paaritumine leiab suuremas osas aset valguse intensiivusel alla 110  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ , vähenedes valguse intensiivuse edasise tõusuga.

Autorile teadaolevalt, on hetkel puudulikud andmed vabas looduses elutsevate *H. illucensi* valmikute viljastumisedukuse kohta. Kui valmikute viljastumisedukus vabas looduses oleks oluliselt suurem hetkel päikesevalguse käes teadaolevast 39%, siis tähendaks see, et liigi paljundamisedukust tehistingimustes saaks suurendada muude mõjurite, kui ainuüksi valguse mõju muutes. Tundlad on oluliseks liikumist, heli, orientatsiooni, lõhna, niiskust ja keemilisi ühendeid tajuvaks organiks (Oliveira et al., 2016), nõnda on *H. illucensil* hulk tajusid, mille mõjud paaritumumiskäitumisele, ei käsitlemist senistes uuringutes.

## 4. *H. illucensi* rakendused

### 4.1. Kasutus loomasöödaks

*H. illucensi* oluliseks rakenduseks on tema vastsete kasutamine loomasöödas. *H. illucensi* vastsejahu on sobilik sigade, kanade ja kalade söödas kasutamiseks (Newton et al., 1977; Bondari & Sheppard, 1987; St-Hilaire et al., 2007; De Marco et al., 2015, Maurer et al., 2016). Tervete või tükeldatud vaklade kasutamine ei ole optimaalse kaalukasvu saavutamiseks soovitatav, tulenevalt ebapiisavast kuivaine sisaldusest (Bondari & Sheppard; 1987). Mäletsejate söödas on loomse proteiini, seal hulgas *H. Illucensi* proteiini, kasutamine keelatud (Euroopa Liidu Teataja, 2017).

*H. illucensi* väärtus loomasööda komponendina tuleneb kõrge aminohapete, toorrasva, proteiini, kaltsiumi sisaldusest (Newton et al., 1977; De Marco et al., 2015). Toorrasva ja toorproteiini sisalduse protsendid on lehmasõnnikul kasvanud vastsete puhul vastavalt 35% ja 42% (Newton et al., 1977), kuid nendes esineb vastsete dieedist tulenevaid varieerumist (De Marco et al., 2015). *H. illucensi* vastsejahu on osaliselt võimeline asendama kalajahu ja kalaõli (Bondari & Sheppard, 1987; St-Hilaire et al., 2007) ning selle baasil on võimalik koostada toiteväärtuselt orgaanilise standardsöödaga võrdväärset sööta kanadele (Maurer et al., 2016).

Toitumiskatsete hinnangud *H. illucensi* vastsejahule on üldiselt positiivsed.. *H. illucensi* vastsejahu nähakse kui väärtuslikku söödalisandit sigadele (Newton et al.,1977), munakanadele (Maurer et al., 2016) ja vikerforellidele (St-Hilaire et al., 2007). *H. illucensi* vastsejahuga sööt ei tingi olulist tarbitud sööda koguse vähenemist, sigade (Newton et al., 1977), kanade (Maurer et al., 2016) ja kalade (Bondari & Sheppard 1987, St-Hilaire et al., 2007) puhul. Samuti ei ole märgatud negatiivse mõju esinemist loomade tervisele (Maurer et al., 2016).

Täiendavad toitumisuuringud on vajalikud. Kuigi on leitud, et vastsejahu ei mõjuta tüüpiliselt loomade kaalukasvu (Newton et al.,1977; St-Hilaire et al., 2007; Maurer et al., 2016) leidub vastakaid andmeid (Bondari & Sheppard 1987). Bondari & Sheppard (1987) on leidnud, olulisem

kaalukasvu erinevus vastsejahu sisaldava ja kalajahu sisaldava sööda vahel võib ilmned pikema perioodi jooksul. Tema katses esines kanalisägede (*Ictalurus punctatus*) kaalukasvusuuline erinevus, mis tulenes vastsejahu kastuamisest, 9. – 15. nädalal. Teises kalade kaalukasvu käsitlevas katsetses, on katse periood piirdunud 9 nädalaga (St-Hilaire et al., 2007), mis võib tingida katsest tulenevate hinnangute ebatäpsuse. Sigade (Newton et al., 1977) ja kanade (Maurer et al., 2016) kaalukasvu käsitlevad katsed on kestnud 1 – 3 nädalalani. Eelnevast tulenevalt ei ole senised teadmised vastsejahu pikaajaliste mõjude kohta piisavad. Vajadust pikemaajaliste mõjude uurimiseks on tõstnud esile ka St-Hilaire et al. (2007) ja Maurer et al. (2016).

#### **4.1.1. Loomatoiduks kasutamisel esinevad ohud ja puudujäägid.**

Teadmine putukate söödaks rakendamise toiduohutusest on vähene (De Marco et al., 2015; Diener et al., 2015; Maurer et al., 2016). Oluliseks ohuks on peetud raskemetallide kogunemist vastsetes (Diener et al., 2015; Nguyen et al. 2015), mis võib tingida raskemetallide edasise sisenemise toiduahelasse (Jaishankar et al., 2014; Diener et al., 2015). Raskemetallidest koguneb vakladesse kõige enam kaadium (Diener et al., 2015). Kaadium võib põhjustada maksa- ja neerukahjustusi (Jaishankar et al., 2014). Tina ja tsingi akumulatsiooni vastsetes leiab aset vähesemal määral (Diener et al., 2015).

#### **4.2. Kasutus jäätmemajanduses ja alternatiivsed kasutused**

*H. illucens* on rakendatav loomafarmide jäätmete keskkonnamõju vähendamiseks. *H. illucensi* vastsed on võimelised sõnniku kuivainest eemaldama ligikaudu 67% fosforit ja 43% lämmastikku (Myers et al., 2008), vähendades näiteks veeõitsengu ohtu loomafarmid lähedal asuvate veekogudes. Lisaks on *H. illucensi* vastsed võimalised kontrollima haigustekitajate arengut sõnnikus, inaktiveerivad *Escherichia coli* baktereid (Liu et al., 2008).

Kuigi Euroopas kehtiv seadustik, ei luba kasutada sõnnikul kasvanud *H. illucensit* loomasöödana, võib neile leiduda potentsiaalne kasutus energia tootmine vallas. *H. illucensi* vastsete rasv on



sobilik biodiisli tootmiseks (Zheng et al., 2012). 1200 vaglast, mis on kasvanud ligikaudu 1,25 kg värskel lehmasõnnikul 21 päeva, saab toota peaaegu 16 g biodiislit (Li et al., 2011). *H. illucens*ist toodetud biodiisel on omadustelt võrreldav rapsiseemnetest toodetud biodiisliga (Zheng et al., 2012). Vaklades toodetud biodiisel on Euroopa biodiisli standardi normidega ligilähedane (Zheng et al., 2012).

## Kokkuvõte

### **Hermetia illucens (L.) (Diptera, Stratiomyidae) bioloogia ja rakenduslik potentsiaal**

*H. illucens* on herilaselaadse välimusega musta värvi kärbes, mis kuulub ogakärbeslaste (Stratiomyidae) sugukonda. Liigi elutsükel võib soodsates oludes on ligikaudu 19 nädalat pikk. Munade areng kestab 4 päeva, vagla ja nukustaadium on umbes 2 nädala pikkused. Valmiku staadiumi keskmine pikkus võib küündida 10 nädalani. Ebasoodsatest tingimustes tulenevalt, võivad vastse- ja nukustaadium pikeneda mitme kuu võrra.

*H. illucens* pärineb Uuest Maailmast. Liigi tänapäevane levik on globaalne, troopikast kuni soojade parasvöötmete aladeni välja. Euroopas jääb liigi levik alla 50° põhjalaiust; kõige põhjapoolsem leid pärineb Tšehhi Vabariigis. *H. illucens* on külmkartlik. Liiki ei peeta võimaliseks püsivalt asustama külmemaid parasvöötmelisi alasid, kuid liigi külmataluvust ja diapausi puudutavad uuringud võiksid olla vajalikud. Liigi optimaalseks kasvutemperatuuriks on 27 °C ning õhuniiskused vahemikus 60 – 70% ning lisaks esineb arengujärkudele omaseid nõudlusi.

Liigi valmikuid puudutavas teadmises esineb märgatavaid puudujääke. Mitmetes teadustöodes on kirjeldatud valmikute toitumist suhkrust ja meest, kuid põhjalikum valmikute toitumise uurimine on vähene. Laialdaselt levivad arusaamad, mis on rajatud nõrkadele alustele, mis väidavad *H. illucensi* valmikute mitte-toitumist. *H. illucensi* loodusliku reproduktiivset edukust ei teata. Suur enamus uuringutest keskendub valguse mõju ja reproduktsiooni seostele, hüljates enamus teistst võimalikest külgedest.

*H. illucensi* vaklade kõrge toorrasva, proteiini, kaltsiumi ja aminohapete sisaldus muudavad liigi väärtuslikuks loomasööda lisandiks. Liiki saab kasutada kanadele, kaladele ja sigadele söödas. Võimalikuks ohuks on raskemetalli - kaadiumi kogunemine vastsetes ja läbi loomade liikumist inimeste toitu. *H. illucensil* leidub samuti alternatiivseid rakendusi jäätmemejanduses ja biodiisli tootmisel.

## Summary

### ***Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae) biology and utilization potential**

*H. illucens* is a wasp-like looking black fly, that belongs to family Stratiomyidae. The life cycle of the species, in favoring conditions, is approximately 19 weeks long. Development of the eggs last 4 days, larval and pupal stages are about 2 weeks long. The length of an average adult stage can reach 10 weeks. Unfavorable conditions can prolong larval and pupal stages by a few months.

*H. illucens* originates from The New World. Nowadays, the species has spread globally, from tropics to warm temperate zone areas. In Europe, the species is spread below 50th parallel north; the northernmost found has been made in Czech Republic. *H. illucens* is not cold hardy. The species are not estimated to be able to permanently inhabit colder temperate areas, although further study of the coldhardiness and possible diapause might be needed.

The knowledge about the adults of the species have noticeable shortcomings. Although multiple studies describe adults feeding on sugar and honey, deeper studies are scarce. Understandings founded on weak basis, about adult *H. illucens* being non-feeding during its adult stage, are spread widely. The second important shortcoming is present in knowledge regarding reproduction of the species. The reproductive success of *H. illucens* in nature is not known. The majority current study is focused on the impact of light on reproduction, disregarding most all other possible aspects.

High levels of crude fat, protein, calcium and amino acids in *H. illucens* larvae make the species a valuable additive to animal feed. The species can be used as feed for chicken, fish and pigs. The potential danger is the accumulation of cadmium, a heavy metal, in larvae and its movement up the food chain, into human food. *H. illucens* also has alternative uses in waste management and biodiesel production.

## Tänuavaldused

Tänan juhendajat Sille Holmi, püüdlikuse ning pingutuste eest juhendamisel ja töö valmimisel. Tänan ema toetuse eest õpingutel. Mirjamat ja Merlinit, kes samuti olid suureks abiks õpingute algul.

Autor tänab Trigon Capital AS, mille eestvedamisel *H. illucensi* on H. illucensit Tartu Ülikoolis uuritud, nõnda võimaldades autoril liigiga lähemalt tutvuda.

Tänu The Document Foundationile, töös kasutatud vabavaralise tekstitöötlus programmi – LibreOffice, arendamise ja tasuta kasutamise võimaldamise eest.

### **Kasutatud kirjandus:**

*Käesolev töö kirjanduse loend ja viitamine järgib APA stiili.*

- Axtell, R. C., & Edwards, T. D.** (1970). *Hermetia illucens* control in poultry manure by larviciding. *Journal of Economic Entomology*, 63, 1786-1787.
- Axtell, R. C. & Arends, J. J.** (1990). Ecology and management of arthropod pests of poultry . *Annual Review Entomology*, 35, 101-126.
- Bondari, K., & Sheppard, D. C.** (1987). Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*, 18, 209-220.
- Booth, D. C., & Sheppard, C.** (1984). Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics. *Environmental entomology*, 13, 421-423.
- Brammer, C. A., & von Dohlen, C. D.** (2007). Evolutionary history of Stratiomyidae (Insecta: Diptera): the molecular phylogeny of a diverse family of flies. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43, 660-673.
- De Marco, M., Martinez, S., Hernandez, F., Madrid, F., Gai, F., Rotolo, L., ...** (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 211-218.
- Diener, S., Zurbrugg, C. & Tockner, K.** (2009) Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research* , 27, 603-610.

- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K.** (2015). Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 261-270.
- Euroopa Liidu Teataja.** (2017). Komisjoni määrus (EL) 2017/893, 24. mai 2017, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 999/2001 I ja IV lisa ning komisjoni määruse (EL) nr 142/2011 X, XIV ja XV lisa töödeldud loomseid valke käsitlevate sätete osas.
- FAO.** 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture. World review: Overview. (pp 2-10) *FAO annuaire. Rome, Italy.*
- Fatchurochim, S., Geden, C. J., & Axtell, R. C.** (1989). Filth fly (Diptera) oviposition and larval development in poultry manure of various moisture levels. *Journal of Entomological Science*, 24, 224-231.
- Furman, D. P., Young, R. D. & Catts, P. E.** (1959). *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal of Economic Entomology*. 52, 917-921
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K.** (2012). Relative humidity effects on the life history of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental entomology*, 41, 971-978.
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K.** (2013). Substrate effects on pupation and adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental entomology*, 42, 370-374.
- Holmes, L. A., VanLaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K.** (2016). Lower temperature threshold of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) development. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2, 255-262.
- Huis, V. A. & Tomberlin, J. K.** (2017). Insects as food and feed: from production to consumption. Tomberlin, J. K. & Cammack J. A (toim), Black soldierfly: biology and mass production. (pp 231-246) *Wageningen Academic Pub.*

- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N.** (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary toxicology*, 7, 60-72.
- Kim, W. T., Bae, S. W., Park, H. C., Park, K. H., Lee, S. B., Choi, Y. C., ... .** (2010). The larval age and mouth morphology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology*, 21, 185-187.
- Liu, Q., Tomberlin, J. K., Brady, J. A., Sanford, M. R., & Yu, Z.** (2008). Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environmental entomology*, 37, 1525-1530.
- Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Früh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A., & Leiber, F.** (2016). Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2, 83-90.
- Myers, H. M., Tomberlin, J. K., Lambert, B. D., & Kattes, D.** (2008) Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environonmental entomology* 37, 11-15.
- Nakamura, S., Ichiki, R. T., Shimoda, M., & Morioka, S.** (2016). Small-scale rearing of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), in the laboratory: low-cost and year-round rearing. *Applied entomology and zoology*, 51, 161-166.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S.** (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental entomology*, 44, 406-410.
- Newton, G. L., Booram, C. V., Barker, R. W., & Hale, O. M.** (1977). Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science*, 44, 395-400.

- Oliveira, F. R., Doelle, K., & Smith, R. P. (2016).** External morphology of *Hermetia illucens* Stratiomyidae: Diptera (L. 1758) based on electron microscopy. *Annual Research & Review in Biology*, 9, 1-10.
- Roháček, J. & Hora, M. (2013).** A northernmost European record of the alien black soldier fly *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Časopis Slezského zemského muzea (A)*, 62, 101-106.
- Sheppard, D. C, Tomberlin, J. K, Joyce, J. A, Kiser B. C, Sumner S. M. (2002).** Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39, 695-698.
- Spranghers, T., Noyez, A., Schildermans, K., & De Clercq, P. (2017).** Cold hardiness of the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). *Journal of economic entomology*, 110, 1501-1507.
- Stone, A., Sabrosky, C. W., Wirth, W. W., Foote, R. H., Coulson, J. R. (1965).** A Catalog of the Diptera of American North of Mexico. James, T. M (toim), Family STRATIOMYIDAE, (pp 299-319) *United States Department of Agriculture*.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J. K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M. A., Mosley, E. E., Hardy, R. W. & Sealey, W. (2007).** Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38, 59-67.
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2001).** Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist*, 84, 729-730.
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002 ).** Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37, 345-352.



- Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C. & Joyce, J. A.** (2002). Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America*, 95, 379-386.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., & Myers, H. M.** (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental entomology*, 38, 930-934.
- Zhang, J., Huang, L., He, J., Tomberlin, J. K., Li, J., Lei, C., Sun, M., Liu, Z. & Yu, Z.** (2010). An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, 10, 1-7.
- Zheng, L., Li, Q., Zhang, J., & Yu, Z.** (2012). Double the biodiesel yield: rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production. *Renewable energy*, 41, 75-79.

#### **Sekundaarsed refereeringud:**

Refereeritud Roháček, J. & Hora, M. (2013).

**Rozkošný R.** (1983). A biosystematic study of the European Stratiomyidae (Diptera). Vol. 2.

Clitellariinae, Hermetiinae, Pachygasterinae and Bibliography. Series Entomologica 21, Dr. W.

Jung, The Hague-Boston-London, 401 pp .

Refereeritud Sprangers et al., 2017 kaudu.

**Denlinger, D. L.** (1986). Dormancy in tropical insects. *Annual review of entomology*, 31, 239-264.

## LISA 1: Vaglad ja nukud

i



**Lisa 1:** *H. illucensi* vaglad (heledad) ja nukud (tumedad). Pildil 25 päeva vanused *H. illucensi* vastsed ja nukud, mille erinev areng on tulenenud erinevast söödast. Autori pildimaterjal.

## LISA 2: Valmikud



**Lisa 2:** Värskest koorunud *H. illucensi* valmikud. Autori pildimaterjal.



### LISA 3: Munad



**Lisa 3:** *H. illucensi* munad. Autori pildimaterjal.



#### **Lisa 4: Nukud nukkumissubstraadil**



**Lisa 4:** *H. illucensi* nukud nukkumissbstraadil - turbal. Autori pildimaterjal.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Artur Reila

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose: *Hermetia illucens* (L.) (*Diptera, Stratiomyidae*) bioloogia ja rakenduslik potentsiaali

mille juhendaja on Sille Holm.

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 22.05.2018

